

# АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВЫХ ОБЪЕКТОВ КАК ПОДХОД К ИДЕНТИФИКАЦИИ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

**Д.Д. Сазонов**

*СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича*  
Россия, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22  
E-mail: [dim-saz@yandex.ru](mailto:dim-saz@yandex.ru)

**Р.В. Киричек**

*СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича*  
Россия, 193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22  
E-mail: [kirichek.sut@mail.ru](mailto:kirichek.sut@mail.ru)

**Ключевые слова:** интернет вещей, архитектура цифровых объектов, идентификация цифровых объектов, Handle System, система массового обслуживания.

**Аннотация:** Проведен анализ возможности построения системы идентификации устройств интернета вещей на базе архитектуры цифровых объектов (Digital Object Architecture, DOA). Предложена модель системы резолюции идентификаторов цифровых объектов (Digital Object Identification, DOI) Handling System как системы массового обслуживания (СМО). Выполнен анализ существующей системы Handling. На базе разработанной модели СМО выполнен оптимизационный эксперимент и получена конфигурация системы резолюции, позволяющая сократить время на разрешение идентификатора устройства. Проведен анализ программного обеспечения существующей системы резолюции Handling System и предложены пути возможного улучшения алгоритмов с целью сокращения времени на разрешения идентификатора.

## 1. Введение

В современном обществе значительную часть рынка технических систем занимает Интернет Вещей. Данные устройства находят место во многих областях, начиная от простого бытового использования, медицины и заканчивая применением в военных целях. По приблизительным оценкам, число устройств IoT (Internet of Things) составляет порядка 28 миллиардов и это цифра с каждым годом растет. Миллиарды устройств Интернета Вещей взаимодействуют друг с другом ежедневно. Очевидно, что для обеспечения корректной и быстрой работы с огромным потоком информации от таких устройств требуется наличие надежной системы адресации и идентификации.

Основные особенности идентификации для Интернета Вещей [1-6]:

- различный жизненный цикл устройств;
- взаимоотношение объектов интернета вещей с другими сущностями, не входящими в данную систему;
- особые требования к контексту, в котором работают устройства;
- требования к обеспечению механизмов защиты;
- возможность расширения системы идентификации до огромного числа устройств (порядка миллиарда);

- возможность эффективно работать для самых различных устройств;
- прозрачность системы адресации и независимость от сети;
- гибкий и эффективный механизм резолюции идентификаторов;
- безопасность и сохранность пользовательских данных.

На сегодняшний день существуют несколько подходов для построения системы идентификации устройств интернета вещей [1, 2]. Одним из возможных решений возникшей проблемы является построение системы идентификации на базе архитектуры цифровых объектов DOA (Digital Object Architecture).

## 2. Общая концепция архитектуры цифровых объектов

Архитектура цифровых объектов была разработана CNRI (Корпорация национальных исследовательских инициатив) в 1990-х годах [1]. Важной частью архитектуры DOA является система резолюции (Handling System). Каждому цифровому объекту в описываемой архитектуре ставится в соответствие уникальный идентификатор цифровых объектов - DOI (Digital Object Identifier). Данный идентификатор остается постоянным и не зависит от состояния цифрового объекта. Система резолюции Handling связывает идентификатор с информацией о текущем статусе цифрового объекта [1, 2, 7].

Классическая система Handling является двухуровневой [1, 2]. Первым уровнем резолюции является глобальный реестр (GHR). Вторым уровнем является набор локальных реестров (LHR). Схематически архитектура представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура Handling System.

Идентификатор DOI состоит из префикса и суффикса. Префикс позволяет установить сведения о локальном реестре цифрового объекта LHR. Данное соответствие префикса и информации об администраторе хранится в глобальном реестре GHR. Суффикс однозначно идентифицирует конкретный объект, и данная информация, связывающая суффикс с конкретным объектом хранится в локальном реестре LHR.

## 3. Система резолюции идентификатора цифровых объектов как система массового обслуживания

Для того, чтобы охарактеризовать эффективность системы резолюции идентификаторов в архитектуре DOA, рассмотрим систему Handling как СМО (систему массового обслуживания).

В качестве системы СМО было решено взять модель с экспоненциальным распределением времени обслуживания заявок и экспоненциальным распределением времени

между поступления заявок [5]. В качестве времени работы системы был выбран промежуток в 200 с.

Модель СМО была построена путем анализа существующей реализации системы резолюции [1,4,7]. В реализации Handling System используется не один GHR сервер, а несколько серверов, принадлежащих так называемым администраторам верхнего уровня МРА (Multi-Primary Administrators), контролируемым DONA Foundation [1,2,8]. Каждый МРА сервер представляет собой GHR, способный разрешать поступающие на него запросы. Была установлена инфраструктура серверов GHR и определена средняя задержка на разрешение запроса этими серверами [9]. Все МРА сервера эквивалентны между собой и запрос на разрешение поступает последовательно на все сервера и анализируется ответ, который пришел первым [7, 9]. В таблице 1 представлены характеристики серверов МРА, используемые в качестве GHR.

Таблица 1. Характеристики серверов МРА.

| МРА   | IP адрес  | Средняя задержка на разрешение, мс |
|---|---|------------------------------------|
| CNRI (Америка)  | 132.151.20.9;<br>38.100.138.153;<br>38.100.138.131;<br>132.151.20.9;<br>2001:550:100:6::138:153;<br>2001:550:100:6::4;<br>132.151.1.179 | 243.548                            |
| ITU (Швейцария)   | 156.106.193.160   | 71.33                              |
| Beijing Flash Newsletter Cas Telecommunication (Китай)                          | 119.90.34.34  | 473.583                            |
| Alicloud (Китай)  | 47.90.103.77  | 410.693                            |
| ATI - Agence Tunisienne Internet (Тунис)  | 41.231.118.2  | 82.510                             |
| Gesellschaft Fuer Wissenschaftliche Datenverarbeitung Mbh Goettingen (Германия) | 134.76.30.197   | 44.356                             |
| Communications And Information Technology Commission (Саудовская Аравия)        | 86.111.195.107  | 318.450                            |
| Liquid Telecommunications Operations Limited (Кения)                            | 196.12.152.22   | 258.450                            |

На рис. 2 приведена разработанная в пакете Anylogic модель системы массового обслуживания.

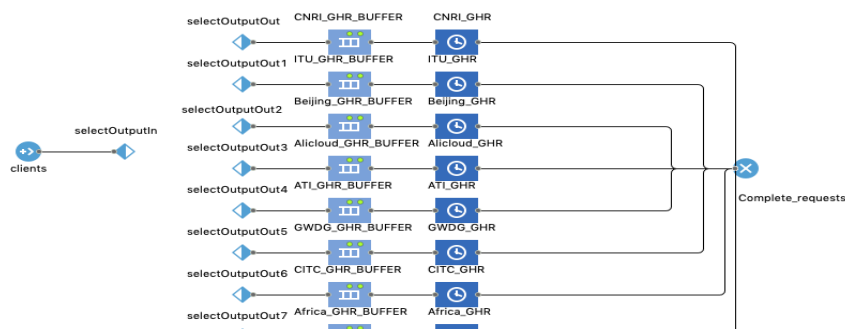


Рис. 2. Модель СМО.

Каждый сервер МРА представляет собой набор из буфера заявок и сервера обработки идентификатора. При этом количество каналов в сервере обработки соответствует количеству серверов каждого конкретного МРА, приведенных в таблице 1.

Основными параметрами, влияющими на работу подсистемы резолюции Handling, являются величина сетевой задержки для поступающего запроса, скорость обработки этого запроса серверами и количество каналов обработки. Основным характеристикой для данной системы является среднее время разрешения одного запроса. Данное время будет зависеть как от конфигурации системы, так и от интенсивности нагрузки. На рис. 3 показана зависимость среднего времени разрешения идентификатора от интенсивности поступающих запросов при текущей конфигурации системы.

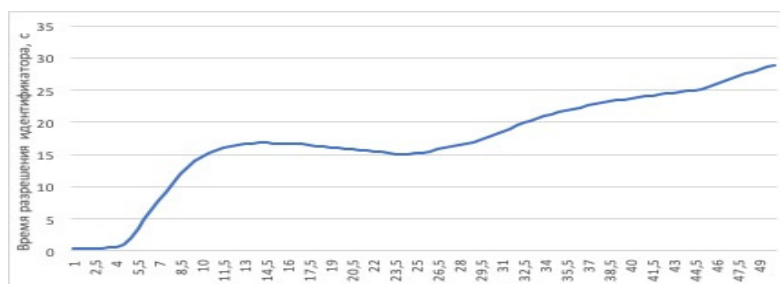


Рис. 3. Зависимость времени разрешения от интенсивности запросов

Как видно из рис. 3, с ростом интенсивности нагрузки увеличивается и среднее время разрешения одного идентификатора, причем при больших нагрузках это время доходит до 30 секунд, что достаточно много для реальных приложений.

Проведем оптимизационный эксперимент, направленный на установление наиболее подходящей инфраструктуры GHR серверов при текущей конфигурации временных задержек с целью снизить среднее время разрешения идентификатора. Основным параметром для оптимизации будет количество серверов GHR, используемых каждым из МРА. Время разрешения не более 1 сек. Зададимся значением интенсивности в 50 Эрл. Оптимизационный эксперимент установил наиболее подходящее число серверов GHR: 7, 10, 1, 10, 10, 10, 10, 10. На рис. 4 показана кривая зависимости времени разрешения от интенсивности при конфигурации серверов, взятых в результате оптимизационного эксперимента.

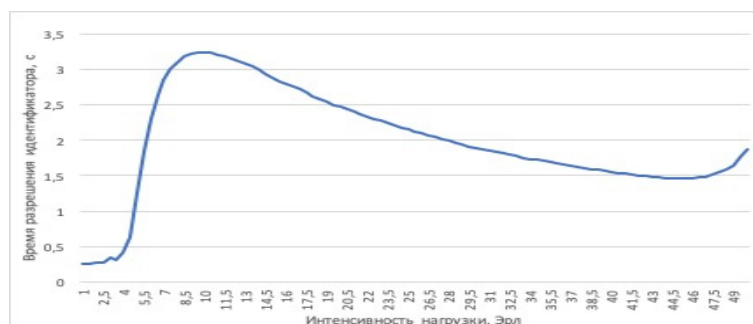


Рис. 4. Время разрешения запроса от интенсивности нагрузки при оптимальной конфигурации

По зависимости на рис. 4 видно, что при такой конфигурации серверов GHR, разрешение идентификатора в системе происходит гораздо быстрее. Прирост в скорости достигает 15 раз на максимальной интенсивности нагрузки.

## 4. Заключение

Основываясь на результатах моделирования системы можно сделать выводы о том, что текущая инфраструктура системы Handling требует дальнейшего масштабирования и распределения для того, чтобы быть способной выдерживать большие нагрузки и минимизировать время разрешения поступающих запросов. Особенно актуально это при использовании архитектуры DOA и системы Handling в задачах, связанных с идентификацией устройств интернета вещей. Интенсивность запросов в системе резолюции для Интернета Вещей может быть очень большой [1,3,4].

Помимо инфраструктурного расширения существующей системы доработки нужно вести и в программной части Handling system. В результате анализа открытого исходного кода библиотеки, предоставляемой Handling.net [8] было установлено, что при отправке запроса на разрешение идентификатора к серверам GHR не производится предварительного анализа времени сетевой задержки до каждого из серверов. Каждый сервер из списка, приведенного в таблице 1, опрашивается в случайной последовательности и анализируется первый полученный ответ. Такая реализация несомненно сказывается на общем времени разрешения идентификатора. Поэтому требуется дальнейшая модификация исходного с целью создания функционала сортировки и приоритизации серверов GHR в зависимости от сетевой задержки от клиентского устройства.

## Список литературы

1. Цифровая идентификация объектов: технология и не только / Д.М. Белявский и др. М.: Научное обозрение, 2016. 228 с.
2. Kirichek R., Kulik V., Koucheryavy A. False clouds for Internet of Things and methods of protection // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. P. 201-205.
3. Аль-Бахри М.С., Киричек Р.В., Бородин А.С. Архитектура цифровых объектов как основа идентификации в эпоху цифровой экономики // Электросвязь. 2019. № 1. С. 12-21.
4. Тельтевская В.А., Зеленов В.В., Шустов Н.И. и др. Идентификация устройств интернета вещей с помощью технологий дополненной реальности // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5, № 4. С. 64-70.
5. Тхай Н.З. Удаленные вычисления через Web-сервер Matlab как система массового обслуживания // Вестник ИрГТУ № 4 (63). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 25-31
6. Кучерявый А.Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21-24.
7. Handle.Net Registry. <http://www.handle.net/index.html>
8. DONA Foundation. <https://www.dona.net/handle-system>
9. Handle.Net Software. [http://www.handle.net/download\\_hnr.html](http://www.handle.net/download_hnr.html)